

# VINI VITIS BIO



Daniel NOEL  
109, rue Jean Moulin  
F. 33220 PINEUILH  
Tél. 06.68.72.29.02  
danielnoel@wanadoo.fr

Le 4 avril 2012

## LE CUIVRE : NUTRIMENT ESSENTIEL À L'ÉQUILIBRE DES PLANTES

2° EDITION

**Daniel NOEL-FOURNIER**  
Fondateur de Vini Vitis Bio

Productos  
Agrícolas  
**Macasa**  
SOCIEDAD LIMITADA

## LE CUIVRE : Nutriment essentiel à l'équilibre des plantes !

« Le cuivre est un oligo-élément essentiel qui joue un rôle fondamental dans la biochimie de tous les organismes vivants. Il est nécessaire à de nombreuses réactions enzymatiques, dont le transport du fer »(Dr Thillier)

### I - Rôle du Cuivre :

Dans toutes les plantes sa teneur varie entre 4 et 25 ppm  
(0,004 à 0,02g/kg Matière Sèche)

#### Migration et rôle du cuivre :

**Cu ++** : mode de déplacement Transcellulaire - Paroi

Rôle catalyseur de  $\text{NO}_3^-$  → Production de Protéines Végétales - feuille en croissance

Zone d'action feuille en croissance

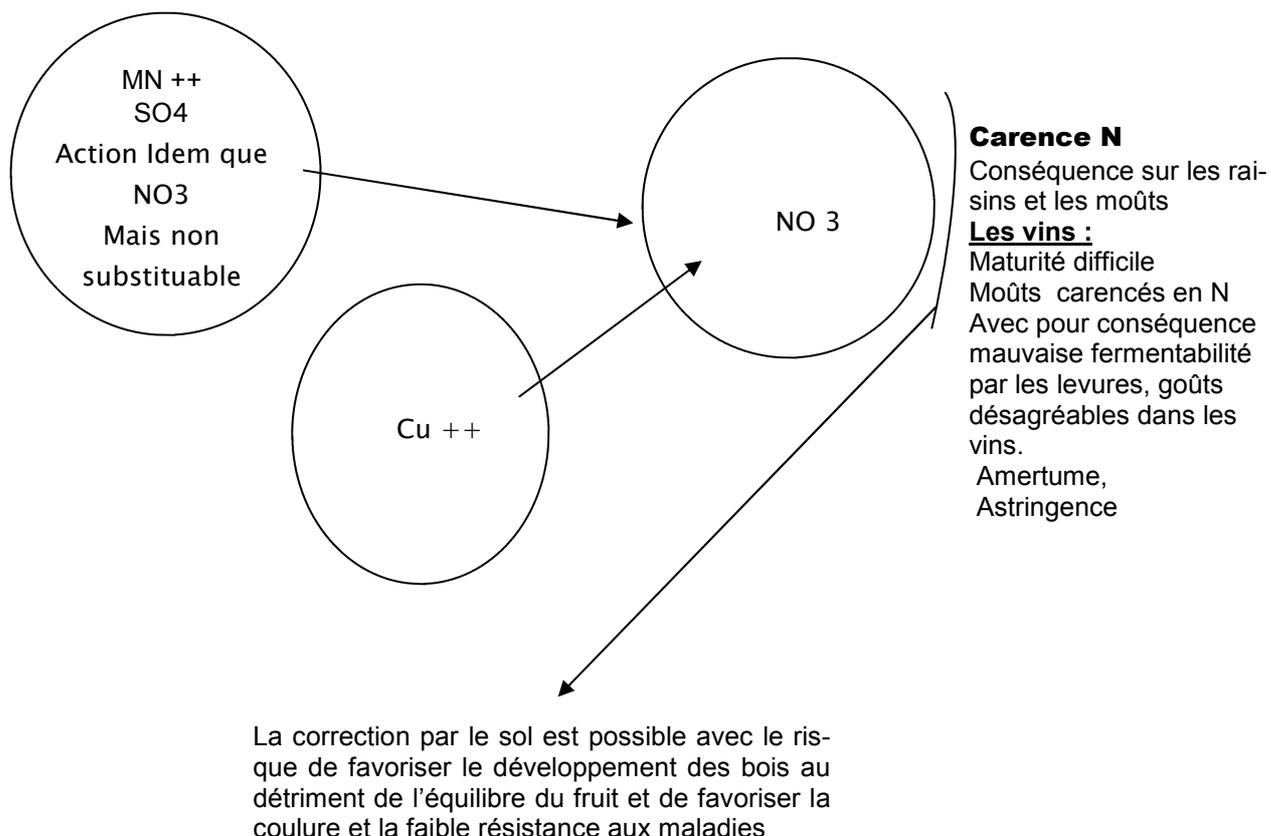
#### Assimilation dans le végétal

Lié sous forme de complexe (plastocyanine)

Constituant d'enzymes (cytochrome oxydase)

#### Rôle des principaux assimilats

Activateur d'enzymes impliqués dans les réactions d'oxydo-réduction



**Le raisin n'est pas le produit final, c'est la qualité de vin qui détermine le résultat économique et ce n'est pas à posteriori, après constatation de la carence que l'on pourra rectifier la qualité des vins produits**

# MIGRATION ET ROLE DES ELEMENTS

ELEMENTS - VITESSE	MODE DE DEPLACEMENT	ROLE	ZONE D'ACTION
NO <sub>3</sub>	TRANSCELLULAIRE	PROTEINE VEGETALE	FEUILLE EN CROISSANCE
K <sup>+</sup>	IDEM	SUCRE	IDEM + CELLULE
Cl <sup>-</sup>	IDEM	TURGESCENCE	DU FRUIT
Na <sup>+</sup>	PAROI	TRANSIT CATION	
		PEUT REMPLACER Ca <sup>++</sup>	
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	TRANSCELLULAIRE	ATP. ENERGIE PHOTO	FEUILLE EN CROISSANCE
Mg <sup>++</sup>	TRANS + PAROI	CHLOROPHYLE - Ca <sup>++</sup>	TOUTE PARTIE VERTE
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	TRANS	IDEM NO <sub>3</sub>	IDEM NO <sub>3</sub>
Ca <sup>++</sup>	PAROI	STRUCTURE E.T.	FEUILLE JEUNE - FRUIT
Fe <sup>++</sup>	TRANS	CHLOROPHYLE	FEUILLE EN CROISSANCE
Cu <sup>++</sup>	TRANS - PAROI	CATALYSEUR NO <sub>3</sub>	IDEM
B <sup>-</sup>	PAROI	IDEM Ca	IDEM Ca
Mn <sup>++</sup>	TRANS	CATALYSEUR NO <sub>3</sub> - CHLOROPHYLE	IDEM N
Zn <sup>++</sup>	TRANS	AUXINE A.T.P.	APEX OVULE FEUILLE EN CROISSANCE

## II - OPTIMUM DE CUIVRE contenus dans les tissus végétaux de la vigne

**Référence** : Bulletin n° 74 de l'année 2001 de l'Institut d'investigations d'Agriculture et d'élevage du Chili.

### I - Teneurs en cuivre en période de floraison (ppm Cu)

>	Très bas
Entre 4-6	Bas
Entre 7 - 9	Marginal
Entre 10 - 25	Normal
< 25	Haut

( Source : Standard d'Australie, de Californie et information de INIA Chili)

A partir de cette constatation, notre objectif est de maintenir le niveau de cuivre dans les tissus végétaux de la vigne à 18 ppm, pour obtenir de bons résultats de production et aussi plus de résistance aux maladies (rôle éliciteur de cuivre).

### II - Le cuivre dans le sol

La biodisponibilité de cuivre dans les sols est pauvre, même si la quantité totale est importante. Le cuivre est un élément peu mobile dont la disponibilité est bloquée par le calcium; la teneur en matière organique et la fertilisation azotée.

Les formes de cuivre apportées par les traitements phytosanitaires à base de cuivre sont insolubles, à forte dose, elle contaminent les sols sans effet sur l'apport nutritionnel en cuivre assimilables pour la plante.

### III - Balance des cuivres dans la vigne

Trois parties dans la production de matière sèche produite par la vigne : bois de taille, fruits récoltés, feuilles.

	Kilos produits par hectare	Objectif de teneur en cuivre par kg produit	Cuivre total exporté par hectare
Raisins	9 000	18 ppm	162 grammes
Bois de taille	3 000	18 ppm	54 grammes
Feuilles	1 000	18 ppm	18 grammes

Par ailleurs il faut tenir compte de pourcentage de cuivre contenu dans le pied de vigne. On considère que dans ces tissus le niveau de cuivre est autour de 5 ppm et qu'il faut donc en apporter 13 ppm pour obtenir le niveau optimum de 18 ppm.

Poids de cep + racines	Densité de plantation	Total de matière végétal /ha	Apport cuivre nécessaire	Total apport nécessaire
15 kg	6000 pieds/ha	90 000 kg	13 ppm	1170 grammes

#### **IV - Apports totaux de cuivre nutritionnel nécessaire à l'équilibre de la vigne :**

Exportation de la vendange	162 grammes
Exportation des bois de taille	54 grammes
Exportation des feuilles	18 grammes
Maintien du niveau de cuivre dans le pied	<u>1170 grammes</u>
Total	1404 grammes de cuivre/ha

#### **V - Apports du cuivre nutritionnel par l'application de Labicuper**

% cuivre	Dose d'application moyenne/ha	Cu/ha par application	% assimilation (20% de pertes)	Cuivre apporté par application	Nombre moyen d'applications	Total de cuivre nutritionnel apporté par le Labicuper
8 %	2 l	160 grammes	80 %	128	7	896 g/ha

L'apport moyen est de 896 grammes de cuivre/ha alors que selon l'estimation ci-dessus il devrait être de 1404 grammes/ha !

#### **VI - Réduction des doses de cuivre métal insoluble et contaminant les sols**

L'application régulière et Labicuper permet de réduire les doses de cuivre apportées par les traitements phytosanitaires, ainsi que le nombre de traitements.

##### **A) Traitements avec Bouillie Bordelaise seule**

Cuivre et métal	20 %
Dose/ha par traitement	5 litres
Nombre de traitements	8
Cuivre métal total apporté par ha	8 000 grammes

##### **B) Traitements avec Bouillie Bordelaise + Labicuper**

Cuivre métal	20 %
Dose/ha par traitement	2 l
Nombre de traitements	7
Cuivre métal total apporté par ha	2800 grammes
Cuivre organique Labicuper par ha	896 grammes
	3696 g soit 54 % de Cu en moins !

#### **VII - Conclusions**

##### **L'application de Labicuper :**

- \* Satisfait aux nécessités nutritionnelles de la vigne pour maintenir un niveau élevé de protection et d'équilibre de la plante.
- \* Permet de réduire l'application de cuivre métal à usage phytosanitaire, qui insoluble, se fixe sur les sols avec un risque de préjudice écologique lorsque les sols le neutralisent mal.

C'est cette nécessité de réduction de cuivre métal qui a motivé l'introduction de Labicuper dans l'accompagnement des traitements phytosanitaires par le groupe technique de Vini Vitis Bio, depuis plus de dix ans avec des résultats finaux très intéressants sur l'efficacité, la réduction de doses de cuivre et la qualité des raisins récoltés, y compris en raisins de table. Se référer aux années 2007 et 2008 dans la lutte contre le mildiou.

Daniel NOEL-FOURNIER  
Fondateur de Vini Vitis Bio

### **Bibliographie**

- <http://www.enologosrioja.org/variedades.htm>
- <http://www.extension.org/pages/31517/monitoring-grapevine-nutrition>
- <http://centralsierra.ucanr.org/files/122351.pdf>
- <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/PNW622/PNW622.pdf>
- <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/NR29095.pdf>

### **III - LES EFFETS ELICITEURS DU CUIVRE ?**

La vigne lorsqu'elle est agressée par un champignon pathogène organise une « résistance passive » mettant en œuvre ses systèmes de bio défenses. Ces bio défenses fonctionnent lorsque l'équilibre physiologique est parfait. La plante recevant un signal de danger venant du champignon, répond en produisant différentes molécules et de l'eau oxygénée nécrosant les cellules autour du point d'attaque (encerclant le champignon).

Le parasite évite ou dégrade ses systèmes de défenses, après cela, si la plante ne peut plus répondre, c'est-à-dire quand elle est sensible, le champignon tue les cellules de l'hôte. (A. Deloire/B.Dubos).

Cette réaction enzymatique fonctionne parfaitement. Les plantes en état de stress physico-chimique réagiront moins bien que celles en parfait état. C'est un phénomène que les vigneron ont constaté empiriquement, lorsque, après l'introduction massive des fongicides organiques dans le vignoble, ils sont revenus au traitement au cuivre pour les deux derniers traitements en fin de saison pour d'une part lutter contre le mildiou mosaïque, s'installant sur les jeunes pousses néoformées et peu équilibrées, mal nourries, (à cette époque, les raisins sont prioritaires et la mise en réserve est amorcée) et d'autre part favoriser « l'aoûtement » (la lignification) des bois de l'année (stockage des réserves).

### **IV - LE PILOTAGE DE L'UTILISATION DE CUIVRE DANS LE VIGNOBLE**

L'arrivée des nouvelles formes de cuivre, permet son utilisation à des doses très faibles, à condition de bien connaître ses effets !

La réaction des vignerons est souvent de revenir aux notions du passé, ou l'on utilisait souvent 20 kg/ha de cuivre métal par an et par hectare pour protéger la vigne !

Ces pratiques destructrices de la vie des sols, de l'équilibre de la plante, si elles ont permis de lutter contre le mildiou, ont eu pour effet :

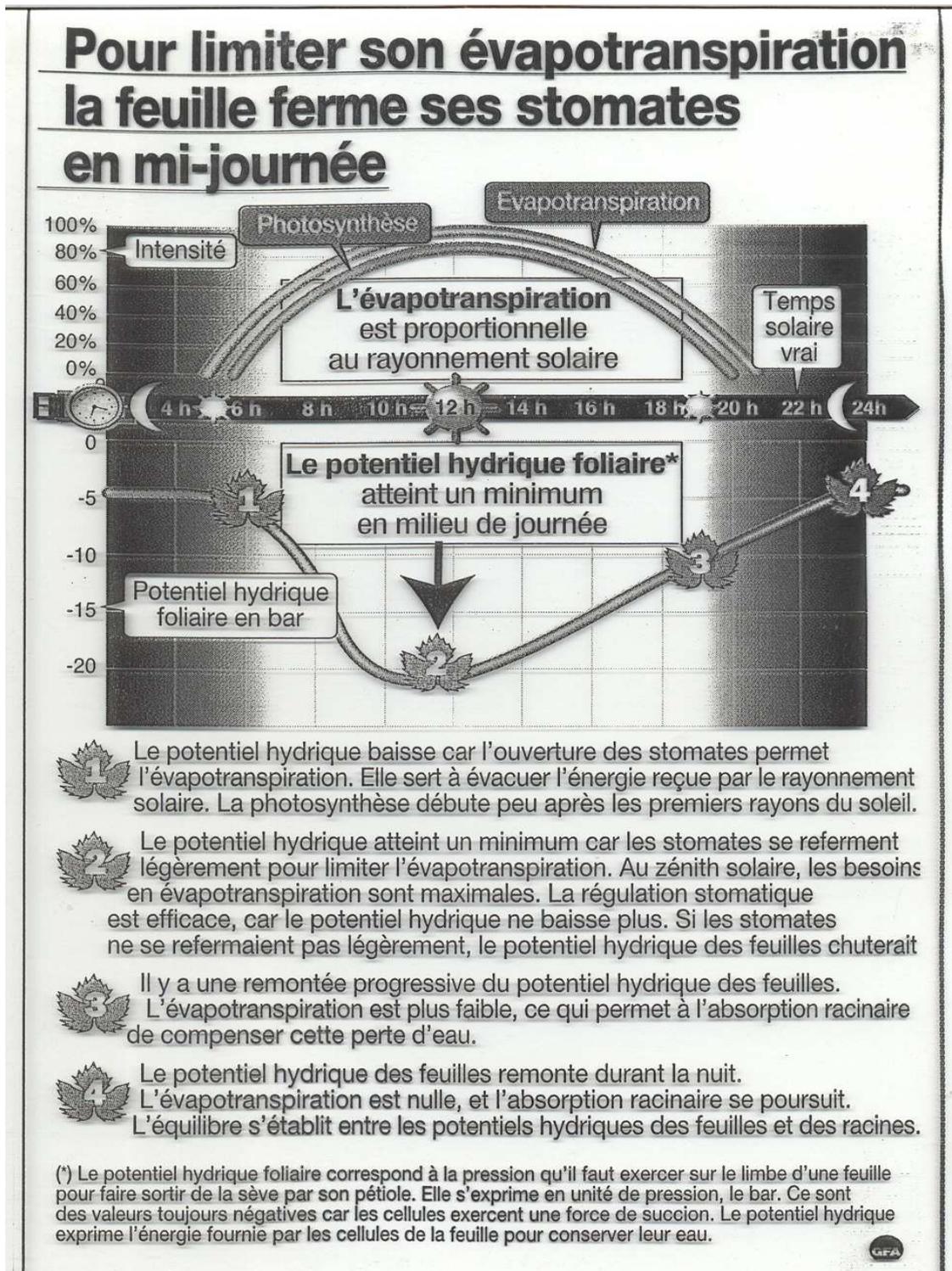
- un stress permanent de la plante avec des effets récessifs importants (nanisme, développement foliaire limité, qualité des raisins amoindris, etc).
- une modification de l'apparence de la vigne (bleue voire violette) modifiant la perception de la lumière par les cellules des feuilles.
- le blocage de la respiration stomatique par l'encombrement de la surface foliaire.
- enfin une phytotoxicité permanente, aggravé par les chutes de températures, provoquant des brûlures et des effets récessifs sur le développement de la plante.

Actuellement, grâce à l'évolution des connaissances actuelles, aussi bien sur les effets d'utilisation de cuivre, des évolutions techniques de matériel d'application, de la modélisation du développement des parasites, de l'analyse des données météo de plus en plus précises et des

nouvelles formes de cuivre, mieux stabilisées, mieux préparées, mieux adaptées, la baisse des doses employées est possible, souhaitable. La réglementation actuelle est un aiguillon pour accentuer un retour à des pratiques bien comprises, non systématiques bien raisonnées, écologiques, économiques.

## V - LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES VIGNES

Les traitements avec les produits minéraux, cuivre, soufre fussent-ils autorisés en bio, ont un effet stressant sur le feuillage, surtout lorsque l'application est réalisée en plein soleil, durant la journée, ce qui est souvent le cas, compte tenu des surfaces à traiter, des conditions de travail et de la réglementation.



Pour une bonne efficacité des traitements et éviter de stresser la vigne, il faudrait traiter le soir ou la nuit !

Le passage dans les stomates, par lesquels les filaments du mildiou s'insinuent et se développent dans la feuilles, des particules de cuivre les plus fines, est un élément important d'efficacité des traitements.

L'utilisation du gluconate de cuivre pour accompagner les produits cupriques homologués permet d'accentuer la pénétration des particules cupriques.

## **VI - APPLICATIONS PRATIQUES ET UTILISATION DU GLUCONATE DE CUIVRE (LABICUPER) - ABAISSER LES DOSES DE CUIVRE MÉTAL EST POSSIBLE EN ADAPTANT LA DOSE**

➤ A la situation actuelle technique, règlementaire, économique , au développement de la vigne et à une bonne répartition permise par le matériel moderne bien réglé :

➤ Au risque de maladies. en 2011, dans beaucoup de régions, compte tenu des résultats de la modélisation (EPI très négatif et peu évolutif) on pouvait baisser les doses appliquées, quelles, qu'elles soient de 50 % sans risques, en accompagnant les traitements phytos par un apport de gluconate de cuivre (Labicuper) à chaque traitement (1 à 2 l/ha soit 80 à 160 g de cuivre organique) tout en protégeant les organes néo formés plus sensibles aux attaques. En viticulture conventionnelle on peut remplacer avantageusement les deux derniers traitements cuivre métal appliqués traditionnellement pour favoriser la maturité des bois et lutter contre le mildiou mosaïque et qui sont souvent supérieur à 2 kg de cuivre métal/ha par deux traitement Labicuper qui représentent 320 g de cuivre métal organique/ha.

➤ En conclusion, le cuivre minéral des produits phytopharmaceutiques (sulfate de cuivre de la Bouillie Bordelaise, oxyde cuivreux, carbonate de cuivre, sulfate tribasique, hydroxyde de cuivre, etc.) se retrouve au sol, alors, que le cuivre organique de Labicuper, sous forme gluconate est évacué de la plante par l'apex des tiges, ne se retrouve ni dans le sol, ni dans les raisins, ni dans les bois. Sa reconnaissance par le végétal ne provoque aucun stress et permet au cuivre de remplir son rôle d'éliciteur et sa migration vers l'apex permet de protéger les nouvelles feuilles sensibles au mildiou mosaïque en fin ce campagne.

## **ANNEXES**

- **Les bio défenses**
- **Le Cuivre a-t-il un effet éliciteur ?**
- **Migration et rôle des éléments**
- **Récapitulation des principaux effets connus des éléments fertilisants**
- **Labicuper dossier Technique**
- **Résultats essais CTIFL Creysse**
- **Résultats des applications sur olivier, laitue, vigne**
- **Commentaires du Pr. Xavier MARTINEZ**

UN NOUVEAU CONCEPT

# Les biodéfenses de la vigne

**A**VEC LE SOUCI grandissant de protéger l'homme et son environnement, les recherches en amont de la filière viti-vinicole s'orientent vers des alternatives, ou des compléments, aux pesticides. Aujourd'hui, on commence à prendre conscience du danger de ces produits phytosanitaires, de la pollution et des résidus qu'ils peuvent entraîner. Qui plus est, les pesticides ont leurs limites d'utilisation, notamment l'apparition de résistances (chez *Botrytis*, par exemple, aux deux familles de fongicides, les benzimidazoles et les imidés cycliques), qui a conduit à développer les recherches sur les systèmes de défenses naturelles de la vigne.



Certains groupes phénoliques de la pellicule (fluorescence jaune) semblent diminuer à partir de la véraison comme le montre des observations histochimiques de baies réalisées à l'aide d'un microscope à fluorescence. Baie de Syrah après véraison (maturité), on observe une nette diminution de la fluorescence jaune, ce qui signifie une diminution probable des différents groupes phénoliques au niveau de la pellicule (photos C. Andary, A. Deloire).

En Bourgogne, l'équipe de Roger Bessis et Philippe Jeandet, au Laboratoire des Sciences de la vigne de l'Institut Jules Guyot, est connue pour ses travaux sur les défenses de la vigne vis à vis de *Botrytis cinerea*, et sur le resvératrol. Le prochain Colloque international "Botrytis" devrait d'ailleurs se dérouler en juin 1999, à l'Université de Bourgogne sous la coordination de M. Bessis.

À Montpellier, Alain Deloire et Elena Kraeva, de l'UFR (Unité de formation et recherches) de Viticulture de l'Agro-Montpellier-INRA, travaillent avec Claude Andary du Laboratoire de Botanique, Phytocimie et Mycologie de la Faculté de Pharmacie, en collaboration avec l'IPV (Institut des produits de la vigne), sur deux procédés de défense naturelle de la vigne : les protéines de réponse, ou PR-protéines, et les phénols. Les PR-protéines sont des enzymes de défense contre les parasites et ravageurs.

La plupart des plantes sont équipées de ce genre de molécules, qui "essaient" de dégrader la paroi des champignons ou des insectes nuisibles, lorsque ceux-ci les attaquent. Les phénols constituent une autre manière de se défendre, souvent complémentaires des PR-protéines.

C'est un groupe de molécules plus large que la célèbre famille des phytoalexines (dont fait partie le resvératrol), comprenant en particulier les flavonoïdes et les tanins.

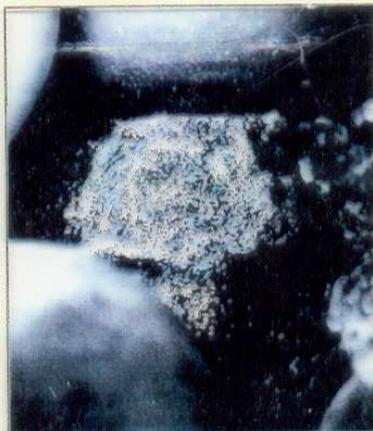
Le pôle montpellierain travaille sur ces deux procédés dits de bio-tolérance, et plus spécifiquement sur leur évolution au cours du développement de la baie de raisin.

Lorsque le champignon attaque la vigne, explique Alain Deloire, soit elle a des systèmes de défense en stock, c'est ce que l'on appelle "le préformé", soit elle doit en fabriquer, c'est "l'induit".

En réalité, les Vitis vinifera, de cuve et de table, ont ces molécules de bio-tolérance en stock avant véraison mais peuvent également en produire. La véraison est un stade clé, à partir duquel les mécanismes de défenses basculent. Il a été montré que certains phénols, en stock relativement important avant véraison, chutaient après ce stade (mais restaient inducibles par des attaques de *Botrytis* par exemple).

En revanche les protéines de réponse (glucanases et chitinases en particulier) ne sont pas stockées et sont élaborées à partir de la véraison. Cependant, le mécanisme d'induction est encore mal connu. On sait que la plante reçoit un signal de danger venant du champignon, elle y répond en produisant différentes molécules et de l'eau oxygénée necrosant les cellules autour du point d'attaque (encerclant le champignon), le parasite évite ou dégrade ces systèmes de défense, après cela si la plante ne peut plus répondre, c'est à dire quand elle est sensible, le champignon tue les cellules de son hôte.

Il s'agit d'un véritable "dialogue" parasite/hôte. Un exemple de cette "parade de ping-pong" a été mise en évidence par Bernadette Dubos à l'INRA de Bordeaux : le *Botrytis* produit une enzyme polygalacturonase pour détruire les cellules des baies, la vigne produit en réponse un inhibiteur de cette enzyme, puis le même champignon produit à son tour une substance dégradant cet inhibiteur.



Conidies du champignon *Botrytis cinerea* à la surface de baies herbacées et provenant d'une baie contaminée située à côté. On observe que sur les deux baies herbacées, les conidies ne germent pas ; est-ce dû au stock de composés de défense présents avant la véraison ? (photo A. Deloire)

Une chose est certaine, les mécanismes de défense sont compliqués et actuellement peu connus. Le message est clair : la stimulation des défenses naturelles chez la vigne est une méthode de lutte intéressante, mais n'est pas envisageable dès demain, restons prudents quant aux applications. Des travaux de laboratoire et des expérimentations au vignoble sont encore nécessaires.

Le concept de bio-défense de la vigne est nouveau, il est proposé par l'équipe de recherche de Montpellier et l'Institut Technique de la vigne et du vin (ITV France). Il regroupe les notions de bio-tolérance, c'est-à-dire la stimulation des défenses naturelles, et de bio-résistance, sous laquelle on retrouve l'idée d'amélioration



*Clavosthelia bidium* à la surface d'une baie de cépage Carignan. On observe des nécroses cellulaires au niveau de la pellicule, dues au champignon. C'est une réaction de défense de la baie, pour essayer de limiter le développement du champignon (coupe transversale de baie, observée au microscope à fluorescence - photo A. Deloire).

génétique ciblée. Il faut préciser que la stimulation des défenses chez une vigne ne rendra jamais celle-ci résistante à quoi que ce soit. Elle la rendra moins sensible, plus tolérante aux parasites et ravageurs. En revanche, une vigne résistante est aussi tolérante. L'acquisition de résistance "vraie" chez une espèce du genre *Vitis* n'est envisageable que par l'introduction d'un gène de résistance, issu d'un autre *Vitis* ou d'une vigne du type *Muscadinia rotundifolia* (utilisé pour introduire dans *Vitis vinifera* un caractère de résistance à l'Oidium - travaux INRA d'Alain Bouquet).

Les vignes cultivées ne se défendent pas toutes seules de manière efficace et l'on ne conçoit pas à l'heure actuelle de remplacer les pesticides. L'hybridation étant interdite sur les vignobles à AOC, il reste la transformation génétique, formidable outil de recherche, pour aller au cœur du mécanisme et comprendre le fonctionnement des plantes. Cette voie prendra beaucoup de temps, l'ensemble des opérations depuis le laboratoire jusqu'à une vérification sérieuse au vignoble nécessite au minimum 15 à 20 ans.

Rappelons qu'il a fallu vingt ans pour trouver une solution acceptable au Phylloxéra - qui s'en plaint aujourd'hui ! L'intérêt indéniable de la transformation génétique est d'améliorer sans modifier l'ensemble des caractéristiques de la plante, du moins c'est l'objectif. Cela n'est en effet pas possible par les techniques d'hybridation sexuée conventionnelles.

Actuellement, deux demandes d'essais au vignoble ont été acceptées sur vigne, en France. Elles concernent des essais de porte-greffe transformé pour la résistance au virus du Court-noué. On est donc encore loin d'obtenir des vignes plus tolérantes par transformation génétique, et avant qu'elles aient fait preuve de leur intérêt culturel et de leur compatibilité avec l'environnement, il s'agit d'essayer d'autres voies moins longues et plus pratiques.

Les voies techniques comme la maîtrise du système cultural ont d'ailleurs encore de l'avenir. Le CTIV (Centre technique interprofessionnel de la vigne et du vin) de Toulouse a montré, par exemple, qu'un effeuillage précoce de la vigne, juste après floraison, entraînant une diminution du taux de pourriture grise de 50%. Au vu de ces résultats, l'équipe de recherche montpelliéraine s'est penchée sur l'analyse de l'évolution des composés de défense des baies après effeuillages, cela soulevant certaines questions.

Les facteurs température, lumière (UV), ou stress hydrique pourraient induire certaines molécules de défense, lesquelles ? Comment intervient la biologie du champignon en fonction du microclimat (davantage d'air au niveau des grappes permettrait une baisse de l'inoculum primaire donc un taux final de *Botrytis* moins élevé ?) Voilà un bon exemple de collaboration entre un institut technique et la recherche publique. Le chercheur se sert de résultats expérimentaux au vignoble pour transposer, extrapoler et disposer de nouveaux éléments de réflexion.

### III Le cuivre a-t-il un effet éliciteur ?

Claude Coulomb\*, Yves Lizzi\*\*, Philippe Jean Coulomb\*, Jean-Pierre Roggero\*\*, Philippe Olivier Coulomb\*\*\*, Olivier Agulhon\*\*\*

Les recherches de moyens de protection des plantes étaient jusqu'ici plutôt dirigées vers une lutte directe contre les pathogènes, la plante étant considérée comme un support plus qu'un être vivant pouvant se défendre. Aujourd'hui on s'intéresse aux moyens de déclencher au sein de la plante elle-même des réactions de défense efficaces, ou d'améliorer l'effet de celles existant déjà.

Ainsi, sur vigne, où la pellicule des baies de raisin joue un rôle de barrière aux infections, le durcissement de cette peau suite à une application de cuivre est un phénomène très facilement observable dans une vigne dont une partie a été traitée et l'autre non.

Des chercheurs se sont intéressés à ce type de "stress" : une bouillie bordelaise et un hydroxyde de cuivre ont été testés afin de caractériser leur incidence sur les baies de raisin confrontée à des attaques de *Botrytis cinerea*.

L'étude a été réalisée à l'échelle tissulaire et cellulaire grâce à des coupes pratiquées dans les pellicules, et à l'échelle biochimique par dosage de composés impliqués dans la résistance.

La pellicule des baies de raisin joue plus ou moins bien son rôle de barrière naturelle en fonction de l'état général de la vigne. Des recherches ont montré, par exemple, une relation entre la teneur en calcium des parois des cellules de la pellicule et leur résistance à la dégradation par *Botrytis cinerea*.

A ce type de résistance passive, s'ajoutent des mécanismes de défense active : la capacité de la plante à se défendre peut être augmentée, soit en introduisant des gènes de résistance, soit en stimulant artificiellement la production de composés responsables de la mise en place des mécanismes de défense : c'est le rôle des « éliciteurs » ou introducteurs de résistance qui peuvent être d'origine fongique, chimique ou agrobiologique. Parmi les principaux métabolismes stimulés, nous citerons les systèmes enzymatiques associés à la biosynthèse des composés phénoliques et/ou ceux liés à l'enrichissement des parois de l'hôte en lignines (PO, PPO, PAL), et enfin les systèmes enzymatiques responsables de la biosynthèse des phytoalexines.



Dans tous les vignobles (ici Côtes-du-Rhône), l'efficacité du cuivre contre le mildiou est connue. On étudie ici son incidence sur la Pourriture grise : pas des effets directs sur l'agent responsable *Botrytis cinerea*, mais la façon dont le cuivre déclenche des réactions de défense de la vigne la rendant capable, quelques temps après le traitement, de s'opposer à l'infection. Peut-on mesurer le phénomène et l'expliquer ? Par quelles modifications cytologiques (morphologie des cellules) ou biochimiques (composés présents dans les mêmes cellules) ? Réponses dans cet article.

\* Laboratoire de Cytologie et Pathologie Végétales - Faculté des Sciences - 33 rue Louis Pasteur 84000 Avignon

\*\* Laboratoire de Chimie organique et analytique - Faculté des sciences - 33 rue Louis Pasteur 84000 Avignon

\*\*\* Viti R & D - 101 impasse des Capitelles 34400 Villetelle

## PRINCIPAUX EFFETS CONNUS DES ELEMENTS FERTILISANTS

■ **Tableau 5: Récapitulation des principaux effets connus des éléments fertilisants.**

Éléments & situation	Effet sur la vigne	Effet sur le raisin et sur le moût	Effet sur le vin
<b>N: Carence</b>	Mauvaise croissance, fructification faible, résistance à la sécheresse diminuée, photosynthèse perturbée et peu performante.	Maturité difficile, moûts carencées en azote, en acides aminés et en vitamines = mauvaise fermentescibilité par les levures. Grave à très grave.	Goûts désagréables dans les vins blancs, vieillissement accéléré des vins. Amertume, astringence.
<b>N: Excès</b>	Vigueur exagérée, sensibilité au botrytis, rendement excessif sous réserve qu'il n'y ait pas de stress hydrique. Mauvais aoûtement des bois.	Bonne fermentescibilité. En cas d'excès important, maturité difficile, manque de couleur, de polyphénols et de précurseurs d'arômes.	Vins durs, astringent, parfois amers. Couleur faible. Présence en excès d'amines biogènes et de carbamates d'éthyle. Vins dilués, peu tanniques et agressifs, sensation de verdure. Risques de casse.
<b>N: Normal</b>	Vigueur correcte - bonne résistance à la sécheresse. Surfaces foliaires utiles bien développées. Photosynthèse correcte. Bon aoûtement.	Bonne maturité, moût équilibré, bonne fermentescibilité.	Vins équilibrés, vieillissement bien, peu de risques de casse protéique.
<b>P: Carence ou insuffisance</b>	Fertilité faible, croissance racinaire faible, d'où une mauvaise résistance à la sécheresse, sarments moins ligneux, port plus oblique ou plus retombant.	Fermentescibilité moins bonne, manque d'acidité, souvent moins de couleur à cause du port retombant (microclimat des grappes) - Oïdium.	Absence de goût type pierre à fusil, silex, minéral. Moins de présence en bouche.
<b>P: Excès (très rare)</b>	Non connu	Non connu	Risque de casse ferrique par combinaison s'il y a du fer en excès
<b>P: Normal</b>	Port dressé, coursons droits, bon aoûtement, meilleur enracinement, meilleure fertilité. Bonne résistance à l'Oïdium.	Bonne fermentescibilité, raisins plus sains et plus colorés.	Améliore la sensation de « plein » en bouche, développe les arômes minéraux et la tenue en élevage.
<b>K: Carence</b>	Mauvais aoûtement des bois, chute des feuilles précoces, sensibilité au froid et à la sécheresse.	Maturité très difficile, raisins et moûts très acides. L'effet sur la couleur et les tanins semble négatif.	Vins acides, peu charnus, à forte acidité tartrique. Vins durs, goûts de tartre.
<b>K: Excès (fréquent)</b>	Carences en Mg induites, mauvaises assimilations de calcium, d'où une sensibilité au botrytis accrue.	Forts degrés mais pellicules très fragiles, moûts peu acides, couleur instable, mais facile à extraire.	Vins mous, peu acides, difficiles à conserver. Couleurs instables, évolution rapide (oxydation).
<b>K: Normal</b>	Bon aoûtement	Raisins bien mûrs, acidité moyenne, bonne couleur.	Bon degré alcoolique, vin équilibré.
<b>Mg: Carence</b>	Photosynthèse ralentie, dessèchement de rafle, d'où botrytis, mauvais aoûtement, coulure et millerandage parfois très graves, sensibilité à l'oïdium accrue.	Maturité difficile, manque de couleur des pellicules. Fermentation malolactique difficile.	Peu coloré, manque de gras, de rondeur.
<b>Mg: Excès</b>	Non connu	Non connu	Non connu
<b>Mg: Normal</b>	Photosynthèse normale, bon aoûtement des bois, bonne nouaison, bonne résistance à l'oïdium (en corrélation avec P).	Bonne maturité, couleur renforcée, extractibilité meilleure, bonne fermentescibilité.	Plus coloré, plus gras et onctueux, bonne tenue dans le temps.
<b>Ca: Carence</b>	Sensibilité au botrytis et au dessèchement (FLA)	Non connu	Plus coloré, plus gras et onctueux, bonne tenue dans le temps.
<b>Ca: Excès</b>	Meilleure résistance au botrytis. Chlorose ferrique = coulure. Pas d'aoûtement.	En cas de chlorose, absence totale de qualité	
<b>Ca: Normal</b>	Bonne résistance au botrytis s'il n'y a pas d'excès de K - Bon aoûtement.	Moût équilibré, fermentescibilité correcte.	Non connu
<b>Mn</b>	La carence perturbe la photosynthèse. L'excès ne semble pas être gênant (sols acides). Peut-être une plus grande sensibilité au botrytis?	La carence gêne l'accumulation de sucres, on a des moûts peu riches et acides - la fermentescibilité est mauvaise car les levures ont besoin de Mn.	Manque de degré, malos difficiles = en cas de carence
<b>S: Carence</b>	Mauvaise fécondation, activité photosynthétique perturbée.	Très mauvaise fermentescibilité (manque de thiamine) - peu d'anthocyanes.	Vin moins coloré
<b>S: Excès</b>	Non connu	Moûts réducteurs en cas de soufrage tardif - moûts plus acides.	Vin à goût de réduit (H <sub>2</sub> S) - vin plus coloré et plus acide - attention aux teneurs en SO <sub>4</sub>
<b>Bo: Carence et excès</b>	Perturbe la photosynthèse - Coulure - aoûtement difficile.	Moûts déséquilibrés, acides, fermentescibilité réduite.	Vins acides, désagréables.
<b>Fe - Cu - Zn - Mo</b>	Fe: non connu - Cu: Toxicité grave - Zn: la carence entraîne de la coulure.	Dénaturation des arômes de sauvignon par le cuivre Le zinc améliore les cinétiques fermentaires.	Risques de casses ferriques ou cuivreuses. Goûts métalliques - vins instables - (avec excès de Fe ou Cu).

**Une très bonne approche de la nutrition de la vigne par André CRESPIY**  
**Extrait de la revue des Œnologues Octobre 2011**



**xavier.martinez-farre@upc.edu**  
**Ecole d'Agriculture de Barcelone**

- 1) Le zinc, le cuivre et le fer sont normalement déficients dans les sols calcaires. Il y a nécessité d'apporter ces éléments en sols neutres et basiques. Ils sont immobilisés dans le sol et la voie d'absorption par les racines est totalement insuffisante pour apporter un niveau adapté à ces nutriments dans les cultures un peu plus intensives (oliviers, vignes) arboriculture, maraîchage, etc ?)
- 2) Il y a deux types de carences :
  - celles visibles qui présentent des symptômes,
  - les autres sub-cliniques qui ne présentent aucuns symptômes visuels.Si la plante réagit bien à l'apport de ces éléments (amélioration de la qualité des fruits, par exemple) c'est que la carence était sub-clinique et que cet apport a régulé son équilibre et sa production, en lui permettant des réactions positives dans sa résistance aux maladies.
- 3) A chaque apport de ces éléments on rend disponible les autres éléments bloqués. Par exemple l'apport de cuivre peut libérer le fer, le zinc, le calcium avec pour résultat une action positive sur la vigueur.
- 4) La forme d'application des micro éléments sous forme complexe organique (chelates) est idéale. La plante va les utiliser pour absorber dans le sol et transporter les micro-éléments insolubles comme le Cu, le Zinc, le Fer, le Calcium, etc.
- 5) Les complexes (tartrique, citrate, lactose, etc.) sont plus stables dans les tissus végétaux. Par contre les chelates sont très instables et se décomposent rapidement (pas de résidus) et pour cette raison, les plantes les reconnaissent et réagissent rapidement à l'application.
- 6) Chaque complexe a une affinité avec un ou plusieurs autres éléments (Cuivre avec azote, etc.)
- 7) on peut réaliser un balance de cuivre dans les parties herbacées des plantes, mais pas dans les parties ligneuses annuelles. Les parties ligneuses stockent dans les troncs, en automne et faire une balance globale est difficile pour cette raison.
- 8) Aussi le contrôle de cuivre par analyse foliaire est très difficile, car les feuilles sont saturées par le cuivre utilisé comme produit phytosanitaire et qu'il est difficile de laver leur surface, pour ne retenir que les valeurs contenues dans les tissus.
- 9) C'est très difficile de délimiter la partie de cuivre avec une action nutritionnelle et la partie qui passe dans la zone de traitement phytosanitaire.

Barcelone le 10/02/2012

## TABLE DES MATIERES

1 - "LABICUPER" .....	3
1.1 PRODUIT POUR AGRICULTURE BIOLOGIQUE.....	3
1.2 PRODUIT SYSTEMIQUE.....	3
1.3 RESPECTUEUX AVEC L'ENVIRONNEMENT .....	3
2 - GLUCONATE DE CUIVRE .....	4
3 - "LABICUPER" COMME ANTI-MILDIOU EN VIGNE .....	7
4 - ESSAIS DE LA SYSTEMIE DU "LABICUPER" .....	8
4.1 SYSTEMIE DANS DES BLETTES .....	8
4.2 SYSTEMIE EN OLIVIER.....	8
4.3 SYSTÉMIE DANS LA SALADE (Laitue).....	9
5 - AUTRES UTILITÉS DU "LABICUPER" .....	10
5.1 "LABICUPER" EN NOYER.....	10
5.2 "LABICUPER" EN TOMATE.....	11
6 - DIFFERENTES ACCUMULATIONS DANS des FEUILLES et des FRUITS...	12
7 - CONCLUSIONS .....	13



## 1 - "LABICUPER"

### **Solution d'engrais à base de cuivre systémique (Cu) Engrais CE**

**RICHESSSES GARANTIES (% p/v) :**  
8% de Cuivre (Cu) sous forme de GLUCONATE (57% de gluconate de cuivre)

LABICUPER est un engrais conçu pour un apport de cuivre par voie foliaire. Il pénètre dans les feuilles et, de part sa systémie, il circule parfaitement dans toute la plante. Parmi ses effets, il convient de signaler son action sur les processus enzymatiques et sur la photosynthèse, en dotant la plante d'une résistance face aux maladies comme la Maladie en oeil de paon (*Cycloconium Oleagina*), les Olives savonneuses (*Gloecosporium Olivarum*), le Mildiou, et le Mouillage des agrumes (*Phytophthora sp.*)...

Il ne disparaît pas avec les pluies et son utilisation, aux doses habituelles, implique l'application de seulement 10% de cuivre par rapport aux produits cupriques conventionnels, en diminuant jusqu'à 90% l'apport de cuivre dans l'environnement.

Nous soulignerons trois importantes propriétés du "LABICUPER" :

#### **1.1 PRODUIT POUR AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

De part sa composition, à base de cuivre complexé par l'acide gluconique, sans aucun type d'additif chimique, il s'inscrit parfaitement dans les demandes, tant légales, que rationnelles, en agriculture biologique.

#### **1.2 PRODUIT SYSTEMIQUE**

Grâce à sa composition nouvelle, le produit pénètre dans la plante, est assimilé et est transporté à tout l'organisme végétal. Ceci détermine son mode de fonctionnement et ses applications. La systémie du cuivre est une propriété très importante, les principales études de P.A Macasa ont en pour but d'étudier cette systémie. Ceci sera largement développé dans la présente étude.

#### **1.3 RESPECTUEUX AVEC L'ENVIRONNEMENT**

Au-delà d'un produit pour l'agriculture biologique, en ce qui concerne l'Environnement il apporte une autre nouveauté très intéressante : Étant donné son caractère systémique, les doses sont de 10% de dose de produit cuprique conventionnel.

L'impact sur l'environnement est très important et bénéfique en apportant 90% de moins de cuivre.

Pour sa part, le LABICUPER, comme nous verrons ensuite, est un produit naturel et totalement biodégradable.

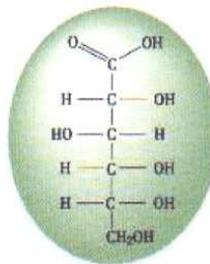


## 2 - GLUCONATE DE CUIVRE

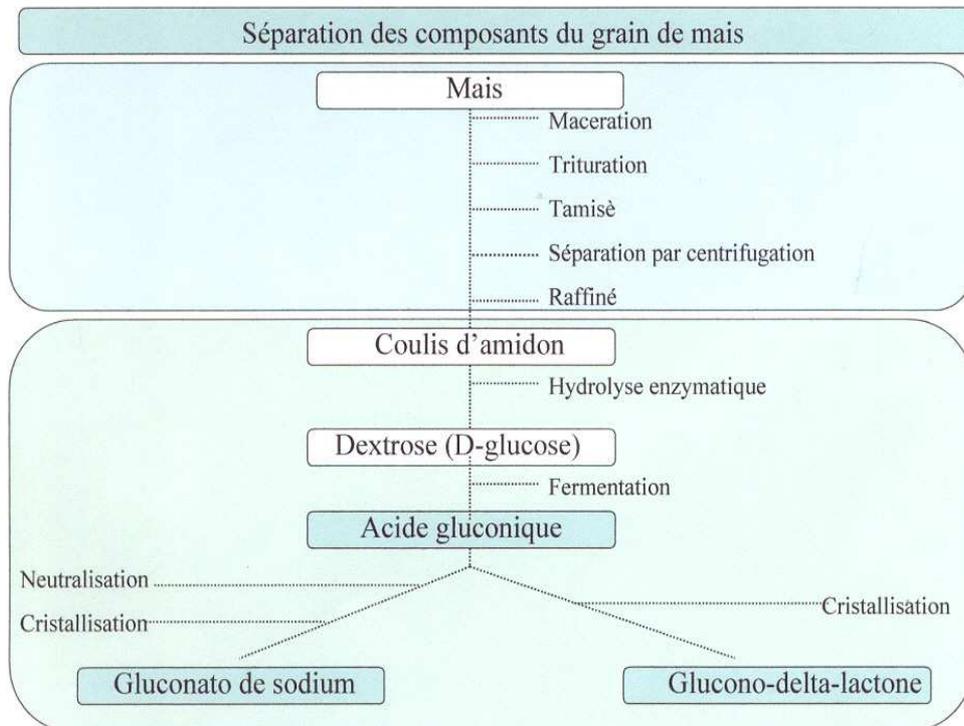
Le gluconate de cuivre est le résultat de la complexation de l'ion par l'action/réaction de l'acide gluconique.

L'acide gluconique, dérivé chimique du glucose, correspond à la formule chimique suivante :

**ACIDE  
GLUCONIQUE**



Il est obtenu par des moyens complètement naturels, physiques et biologiques, à partir du maïs, selon le schéma suivant :

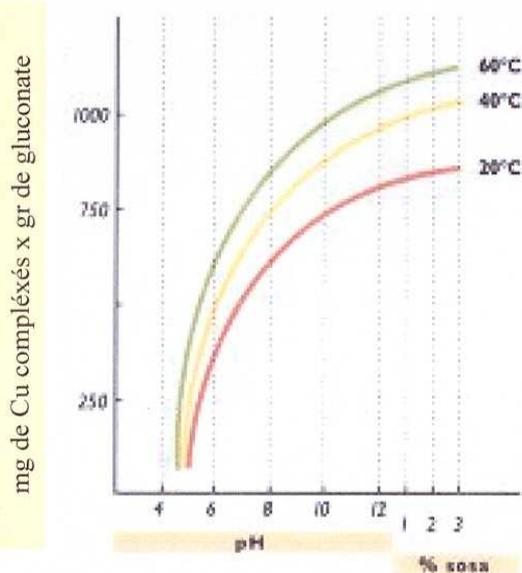


Ses propriétés, par rapport à son activité dans le "LABICUPER", sont :

*1 - Grand pouvoir complexant*

Le pouvoir complexant de l'acide gluconique pour le cuivre augmente considérablement en fonction du pH

Pouvoir complexant front au cuivre



*2 - Produit complètement naturel.*

Comme nous l'avons vu c'est un carbohydrate naturel, obtenu par fermentation du glucose, dérivée de l'hydrolyse du maïs.



3 - *Il ne se décompose pas par la lumière.*

4 - *Produit biodégradable.*

L'acide gluconique est une matière organique biodégradable, c'est-à-dire qu'il peut être décomposé par les micro-organismes contenus dans l'eau ou dans les stations d'épuration.

Pour une solution aux 0.5 g/L de "LABICUPER", la demande chimique d'oxygène (DQO) est de 403 mg/L, et la demande biologique, après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) est de 220 mg/L

Le "LABICUPER" est par conséquent un produit écologique et respectueux de son environnement :

- D'une part, la fraction organique facilement dégradée d'avantage pour les micro-organismes.
- D'autre part, sa toxicité sur la daphnia est très faible

5 - *Il n'est pas Ecotoxique.*

L'écotoxicité des substances dans l'eau peut être connue par la détermination de la CI 50 (norme AFNOR T-90-301 et Directive Européenne 92/69) contre la daphnia (grande Daphnia, crustacé mobile qui vit dans l'eau). Dans cet essai daphnia, la substance de référence évaluée a un CI 50 de 1.2 mg/L ; les CI 50 du "LABICUPER" est de 20.000 mg/L

Une dernière observation très importante : le "LABICUPER", est un complexe organique de cuivre, pas de manière ionique, mais covalente....

La manière covalente est la manière "naturelle" dans la plante, celle qui est en accord avec son métabolisme, celle qui peut immédiatement s'incorporer aux solutions végétales et processus naturels, etc.. C'est l'explication du bon fonctionnement des composés covalentes face à ce qui sont ioniques.



### 3 - "LABICUPER" COMME ANTI-MILDIOU EN VIGNE

Par son contenu en cuivre, le "LABICUPER" est un produit anti-mildiou, et par son mécanisme d'activité nous pourrions prévoir quelle sera la façon de l'appliquer et quels effets peuvent être attendus.

Il est important de rappeler la théorie générale des différents mécanismes :

#### **Mécanismes de pénétration**

##### - **De contact :**

L'action sur la maladie se produit par contact du produit sur la maladie même. Ils exercent leur action quand ils sont appliqués sur la plante avant que se produise l'infection. Par conséquent, ils doivent être employés dans des traitements préventifs.

Ils ne pénètrent pas dans la plante, ce pourquoi ils sont lavés par la pluie.

Ils ne créent pas de résistances.

On peut renouveler les traitements, quand ils ont été lessivés par des pluies ou, quand une croissance très rapide se produit.

La persistance de l'efficacité du produit, généralement, varie de 4 à 8 jours (consulter l'étiquette de chaque produit)

##### - **Pénétrants :**

Ils pénètrent dans les tissus de la plante en passant d'une cellule à une autre ("trans-laminairement" et non dans la sève).

Ils exercent leur action uniquement à l'emplacement où ils ont été appliqués.

Ils sont préventifs mais aussi curatifs dans les premiers jours d'incubation de la maladie (fongicides).

La persistance est généralement de 8 à 10 jours (consulter l'étiquette de chaque produit).

Pour éviter l'apparition de résistances on conseille de ne pas effectuer par an plus de 3 ou 4 traitements rapprochés avec des produits d'un même groupe.

##### - **Systémiques :**

Ils pénètrent dans la plante et circule dans la sève vers tous les organes.

Ils sont préventifs mais aussi curatives dans les premiers jours d'incubation de la maladie (fongicides).

Ils protègent les nouveaux organes formés après le traitement.

Le "LABICUPER" appartient à la troisième catégorie, celle de produits systémiques, et comme tel il est préventif, curatif dans les premiers jours d'incubation de la maladie fongique, protecteur des nouveaux organes formés après le traitement, etc..

